



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09214499 A**

(43) Date of publication of application: 15 . 08 . 97

(51) Int. Cl.

H04L 12/28
H04Q 3/00
(21) Application number: **08015452**

(22) Date of filing: 31 . 01 . 96

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**
(72) Inventor: **KAWASAKI TAKESHI**
WATANABE NAOSATO
SOMIYA TOSHIO
WATANABE MIWAKO
NISHI TETSUYA
NAKAMICHI KOJI
(54) **CELL FLOW RATE CONTROLLER**

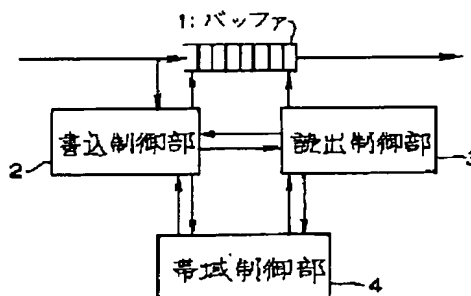
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently transmit cells without exceeding the limit of a band parameter by integrally controlling peak cell rate(PCR) and sustainable cell rate(SCR) on a cell transmission-side.

SOLUTION: A band control part 4 judges the transmission time of the cell in a buffer 1 based on the band parameter and cell transmission history and indicates the transmission of the cells to a read control part 3. The read control part 3 reads the cells from the buffer 1 in accordance with an indication from a band control part 3 and transfers them to the cell transmission part of a cell transmission device. The most efficient cell transmission control for satisfying the conditions of PCR control and SCR control becomes possible in the transmission-side from a terminal to a network or a transmission-side from the network to the other network. Thus, cell abolishment caused by the judgment of non-conformity by an UPC/NPC(usage parameter control/network parameter control) function at the entrance of the network in a transmission destination can be prevented. Since PCR control and SCR control are integrated, buffers for accumulating the

cells are not necessary to be separately provided, and the quantity of hardware can be reduced.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-214499

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 12/28		9466-5K	H 0 4 L 11/20	G
H 0 4 Q 3/00			H 0 4 Q 3/00	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-15452

(22) 出願日 平成8年(1996)1月31日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 川崎 健

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 渡辺 直聡

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小林 隆夫

最終頁に続く

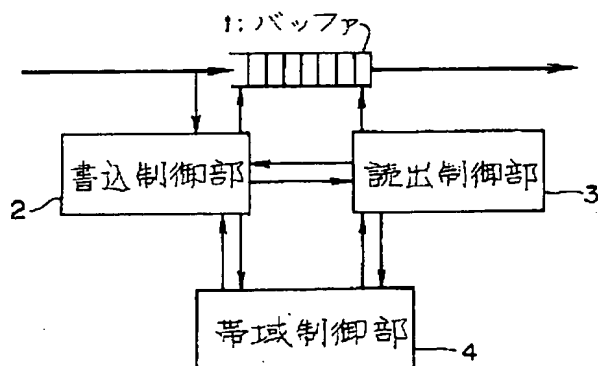
(54) 【発明の名称】 セル流量制御装置

(57) 【要約】

【課題】 A T M網におけるセル流量制御装置に関し、帯域パラメタの制限を超えずに効率的にセルを送出できるセル流量制御を実現することを目的とする。

【解決手段】 A T M網にセルを送出するセル送出装置内に設けられ、送出可能な時刻までセルを蓄えるバッファと、規定のピークセル速度を超えない該バッファ内のセルの送出時刻を判定するピーク速度判定手段と、規定の平均セル速度を超えない該バッファ内のセルの送出時刻を判定する平均速度判定手段とを備え、上記の該ピーク速度判定手段と該平均速度判定手段の条件を共に満たす送出時刻にセルを送出するよう制御するセル流量制御装置。

セル流量制御装置の構成例



【特許請求の範囲】

【請求項1】 A T M網にセルを送出するセル送出装置内に設けられ、

送出可能な時刻までセルを蓄えるバッファと、

規定のピークセル速度を超えない該バッファ内のセルの送出時刻を判定するピーク速度判定手段と、

規定の平均セル速度を超えない該バッファ内のセルの送出時刻を判定する平均速度判定手段とを備え、

上記の該ピーク速度判定手段と該平均速度判定手段の条件を共に満たす送出時刻にセルを送出するよう制御するセル流量制御装置。

【請求項2】 該ピーク速度判定手段は、セル送出の時間間隔を監視することでセル速度を判定し、該判定したセル速度との比較により規定のピークセル速度を超えるか否かを判定し、

該平均速度判定手段は、所定時間内の送出セル数を監視することで平均セル速度を判定し、該判定した平均セル速度との比較により規定の平均セル速度を超えるか否かを判定する請求項1記載のセル流量制御装置。

【請求項3】 該ピーク速度判定手段と該平均速度判定手段により、現在の時刻にセルを送出可能か否かを判定し、送出可能であれば該バッファからセルを読み出して送出する請求項1または2記載のセル流量制御装置。

【請求項4】 該ピーク速度制御手段と該平均速度制御手段により、該バッファに蓄えられたセルの送出可能時刻をあらかじめ求めて記憶し、該記憶した送出可能時刻になった時に該バッファから当該セルを読み出して送出する請求項1または2記載のセル流量制御装置。

【請求項5】 コネクション単位にセルの送出時刻を判定し、同時刻にセル送出可能なコネクションが複数あれば、該コネクション間で定められた優先順位に従ってセルを送出する請求項1～4の何れかに記載のセル流量制御装置。

【請求項6】 上記優先順位はコネクション間で均等化されるように動的に変化する請求項5記載のセル流量制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はA T M網におけるセル流量制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 通信網の呼設定において、網内に設定される通信チャンネルにはそれぞれ必要な回線容量が割り当てられるが、情報源の種類によっては送信する情報量が時々刻々変動する通信チャンネルがある。このような通信チャンネルを1つの伝送路内に多重する場合、網内での情報の輻輳を避けるために各通信チャンネル毎にピーク時に合わせた回線容量を割り当てる必要がある。この方式は既存の網で採用されていたが、網内資源を効率的に使用できないという欠点があった。そこで、A T M網におい

ては、通信チャンネルに対してピーク時よりも小さい帯域（回線容量）を割り当てることを前提とし、同時刻に複数の通信チャンネルのピークが重なったときにセル廃棄を防ぐために、A T M交換機内にセルを一時蓄積するためのバッファを用意した。これにより伝送路内により多くの通信チャンネルを多重でき、帯域の効率的な使用が可能となる。

【0003】 A T M網では呼設定時にユーザから要求された帯域幅をコネクション（通信チャンネル）に割り当てる方式をとる。ユーザは、要求すべき帯域幅をA T M端末の特性に基づいて統計確率的に求め、P C R（Peak Cell Rate；ピークセル速度）、S C R（Sustainable Cell Rate；平均セル速度）等の帯域パラメタをA T M網に申告する。

【0004】 A T M網では、申告された帯域パラメタに基づく呼受付判定を行って、網内資源が割当可能か否かを判定する。申告した帯域を超える量のセルを送出するユーザがあると、網内で許容量を超えるセル廃棄が発生して他のユーザが被害を受けるため、接続された各コネクション毎にセル流量監視が行われる。つまり、網の入りにUPC（Usage Parameter Control；使用量パラメタ制御装置）やNPC（Network Parameter Control；ネットワークパラメタ制御装置）というセル流量監視機構を設けて、各コネクションが申告した帯域パラメタに適合したセル送出を行っているか監視を行い、不適合と判定したセルを廃棄している。UPCやNPCでの不適合によるセル廃棄を避けるには、セル送出側（端末から網への送出の場合は端末のセル送出部、網から網への送出の場合は送出側の網におけるセル流出部）で帯域パラメタに適合したセル送出を行う必要がある。

【0005】 従来の方式には、セル送出側が帯域パラメタの申告だけを行ってセル流量制御は行わない方式と、セル送出側が帯域パラメタの申告とともにセル流量制御を行う方式とがあった。後者の方式ではP C R制御とS C R制御をそれぞれ独立に行っていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 送信側が帯域パラメタの申告だけを行ってセル流量制御は行わない方式では、確率的には帯域パラメタを外れてセルが送出されることがあるので、その時にUPC/NPCでセルが廃棄されるのを避けられない。

【0007】 また、セル送出側が帯域パラメタの申告とともにセル流量制御を行う方式では、P C R制御とS C R制御を順次にそれぞれ独立して行うため、先に行った制御の効果が後に行った制御の影響で低減してしまうことがある。例えば、P C R制御を行ってからS C R制御を行う場合に、P C R制御がピークセル速度を落とすために時間間隔をある程度空けてセルを送出したが、S C R制御がバッファに蓄えていたセルを放出しようとして時間間隔を詰めてセルを送出してしまおうということがあ

る。SCR制御を行ってからPCR制御を行う場合にも同様な不具合が生じる。また、PCR制御とSCR制御をそれぞれ独立に行うために両方でバッファを設ける必要があり、ハードウェア量の増大になる。

【0008】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであり、セル送出側において、PCR制御とSCR制御を統合的に行うことにより、帯域パラメタの制限を超えることなく効率的にセルを送出できるセル流量制御を実現し、かつ制御のためのハードウェア量を削減することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明においては、上述の課題を解決するために、ATM網にセルを送出するセル送出装置内に設けられ、送出可能な時刻までセルを蓄えるバッファと、規定のピークセル速度を超えない該バッファ内のセルの送出時刻を判定するピーク速度判定手段と、規定の平均セル速度を超えない該バッファ内のセルの送出時刻を判定する平均速度判定手段とを備え、上記の該ピーク速度判定手段と該平均速度判定手段の条件を共に満たす送出時刻にセルを送出するよう制御するセル流量制御装置を提供する。

【0010】セル流量制御装置をかかるとして、セル送出装置のセル送出速度に対して、長時間的な平均セル速度の制御と短時間的なピークセル速度の制御が統合的に行われるので、両方の制御の条件を満たす最も効率的なセル送出制御を行うことができ、また、両方の制御でバッファを共用することによりハードウェアを削減できる。

【0011】このセル流量制御装置は、該ピーク速度判定手段が、セル送出の時間間隔を監視することでセル速度を判定し、該判定したセル速度との比較により規定のピークセル速度を超えるか否かを判定し、また、該平均速度判定手段が、所定時間内の送出セル数を監視することで平均セル速度を判定し、該判定した平均セル速度との比較により規定の平均セル速度を超えるか否かを判定する構成とすることができる。

【0012】かかる構成は、例えば、現在のセル速度と平均セル速度に対応するカウンタをそれぞれ設け、セル送出毎に各カウンタ値を所定値だけ増加（または減少）させるとともに、時間の経過とともに一定の割合で減少（または増加）させるようにし、各カウンタ値を所定の上限値（または下限値）と比較することにより、規定のセル速度を超えたか否かを判定することができる。

【0013】また、このセル流量制御装置は、該ピーク速度判定手段と該平均速度判定手段により、現在の時刻にセルを送出可能か否かを判定し、送出可能であれば該バッファからセルを読み出して送出する構成とすることができる。

【0014】また、このセル流量制御装置は、該ピーク速度制御手段と該平均速度制御手段により、該バッファ

に蓄えられたセルの送出可能時刻をあらかじめ求めて記憶し、該記憶した送出可能時刻になった時に該バッファから当該セルを読み出して送出する構成とすることができる。

【0015】また、このセル流量制御装置は、コネクション単位にセルの送出時刻を判定し、同時刻にセル送出可能なコネクションが複数あれば、該コネクション間で定められた優先順位に従ってセルを送出する構成とすることができる。さらに、この優先順位を動的に変化させることによって、コネクション間で優先順位を均等化する構成とすることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1に実施例のセル流量制御装置の構成を示す。このセル流量制御装置はATM網にセルを送出するセル送出装置内に設けられ、セル送出装置からの送出セルの流量を制御する。図中のバッファ1は、送出可能な時刻が来るまでセルを蓄えておくバッファである。書込制御部2は送出するセル（またはデータ）をバッファ1に書き込む。帯域制御部4は帯域パラメタとセル送出履歴に基づいてバッファ1内のセルの送出時刻を判定し、読出制御部3にセルの送出を指示する。読出制御部3は帯域制御部4からの指示に従ってバッファ1からセル（またはデータ）を読み出し、セル送出装置のセル送出部に転送する。

【0017】本発明を端末から網への送出セルの流量制御に適用する場合、端末のセル送出部にセル流量制御装置を設ける。この場合、セル流量制御装置にセル化機能を含めた構成とすることができる。例えば、書込制御部2が端末内のユーザデータをセル単位に分割してセルヘッダを付加しながらバッファ1に書き込み、読出制御部3がバッファ1からセルを読み出す構成とするか、あるいは、書込制御部2がユーザデータをバッファ1に書き込み、読出制御部3がバッファ1内のユーザデータを1セル分ずつ読み出しながらセルヘッダ等を付加してセル化する構成とすることができる。

【0018】また、本発明を網から網への送出セルの流量制御に適用する場合、送出側の網内におけるセル送出装置内にセル流量制御装置を設ける。この場合、セル送出装置には複数のコネクションが接続されるので、帯域制御部4は、バッファ1内のセルの識別子（バッファ1のアドレス等）またはコネクションとそのセルの送出時刻の組を記憶する機構を備える。そして、上流側からセルが到着したとき、書込制御部2は到着セルをバッファ1に書き込みながら、到着セルのコネクションを判別して帯域制御部4に通知する。帯域制御部4は各コネクションの帯域パラメタとセル送出履歴に基づきコネクション毎にセル送出時刻の判定を行い、送出時刻毎に該当セルの識別子またはコネクションを読出制御部3に通知する。読出制御部3は帯域制御部4からの通知に対応する

セルをバッファ 1 から読み出し、セル送出部がそのセルを下流側の網に対して送出する。

【0019】帯域パラメタで規定されるピークセル速度の上限値をPCR、平均セル速度の上限値をSCRとすると、帯域制御部4は、ピークセル速度がPCRを超えないようにするPCR制御と、平均セル速度がSCRを超えないようにするSCR制御とに従ってセル送出時刻の判定を行う。すなわち、帯域制御部4は、セル送出装置のセル処理時間毎（＝セル送出可能なタイミング毎）に、現在のセル速度および平均セル速度を計測するとともに、現在のセル速度とPCR、現在の平均速度とSCRをそれぞれ比較し、現在のセル速度 \leq PCR、かつ現在の平均セル速度 \leq SCRであればセル送出可能と判定し、それ以外であればセル送出不可と判定する。

【0020】本実施例の帯域制御部4によるPCR制御について詳細に説明する。帯域制御部4は、セル処理時間毎にカウンタ値Cpを（下限値Lpを下限として）デクリメント値Dpずつダウンし、セル送出毎にカウンタ値Cpをインクリメント値Ipずつアップしながら、カウンタ値Cp<上限値Upであれば現在のセル速度はPCRを超えていないと判定し、カウンタ値Cp \geq 上限値Upであれば現在のセル速度はPCRを超えていると判定する。

【0021】セル送出装置のセル処理速度（＝最大セル送出速度）をMCRとすると、デクリメント値Dpとインクリメント値Ipは、

$$Dp : Ip = PCR : MCR \quad \dots (1)$$

という比率で決めることができる。また、上限値Upと下限値Lpの間の幅はセル速度のゆらぎの許容範囲に応じて決める。例えば、上限値Upと下限値Lpの間の幅を狭くした場合、セルが連続的に送出されるとカウンタ値Cpはすぐに上限値Upを超えるので、セル速度の急激な上昇を敏感に検知でき、瞬間的にピーク速度を超えるのを防ぐことができる。

$$Us - Ls =$$

$$Is \times (MBS - 1) - Ds \times (MBS - 1) \times (Ip / Dp) + Ds \quad \dots (3)$$

このように値を設定することで、平均セル速度がゼロの状態（カウンタ値Cs＝下限値Ls）のときにPCRの速度で連続してMBS個のセルが送出されると、平均セル速度がSCR（カウンタ値Cs＝上限値Us）に達する。帯域制御部4は、カウンタ値Cs \geq 上限値Usのときに現在の平均セル速度がSCRを超えたと判定する。

【0026】上述のように各値を設定してPCR制御とSCR制御を行えば、PCR制御とSCR制御の条件がともに満たされた時にセルが送出される。すなわち、カウンタ値Csが上限値Usに達するまでの間はセル速度がPCRを超えないようにセル送出が制御され、カウンタ値Csが上限値Us付近にあるときは平均セル速度がSCRを超えないようにセル送出が制御される。

*【0022】PCR制御の場合、短時間であってもセル速度がPCRを超えないようにするために、上限値Upと下限値Lpの間の幅を狭くとる必要がある。最も効率的な制御を行うには、例えば、上限値Upと下限値Lpの間の幅をデクリメント値Dpと同じにし、カウンタ値Cpの初期値を下限値Lpとして、カウンタ値Cp \geq 上限値Upのときに現在のセル速度がPCRを超えたと判定すればよい。

【0023】次に、本実施例の帯域制御部4によるSCR制御について詳細に説明する。帯域制御部4は、セル処理時間毎にカウンタ値Csを（下限値Lsを下限として）デクリメント値Dsずつダウンし、セル送出毎にカウンタ値Csをインクリメント値Isずつアップしながら、カウンタ値Cs<上限値Usであれば現在の平均セル速度はSCRを超えていないと判定し、カウンタ値Cs \geq 上限値Usであれば現在の平均セル速度はSCRを超えていないと判定する。

【0024】PCR制御の場合と同様に、デクリメント値Dsとインクリメント値Isは、

$$Ds : Is = SCR : MCR \quad \dots (2)$$

という比率で決めることができる。また、SCR制御の場合、PCRを超えない範囲内のセル速度の変動を許容するために、上限値Usと下限値Lsの間の幅をPCR制御の場合よりも広くする。具体的には、次のように各値を決めると最も効率的な制御を行うことができる。

【0025】ピークセル速度での最大連続送出セル数＝MBSと規定されていれば、PCRの速度で連続してMBS個のセルが送出されたときのカウンタ値Csの変化幅は

$$Is \times (MBS - 1) - Ds \times (MBS - 1) \times (Ip / Dp)$$

と計算できるので、この変化幅に下限値Dsを加えた値を上限値Usと下限値Lsの間の幅とする。

【0027】以上に説明した方法でセル流量制御を行うために、帯域制御部4は、設定されたコネクションに対して、PCR制御用の値Cp、Dp、Ip、LpおよびUpと、SCR制御用の値Cs、Ds、Is、LsおよびUsを格納するためのレジスタを用意する。

【0028】ただし実際的には、デクリメント値、インクリメント値、下限値、上限値のうちの2つの値はすべてのコネクションに共通な固定値とし、残りの2つの値はコネクション毎に対応するレジスタを設ければ、必要なレジスタ数を少なくすることができる。例えば、インクリメント値IpとIs、上限値UpとUsを共通の固定値とし、また、設定された各コネクション毎にデクリメント値DpとDs、下限値LpとLsに対応するレジ

スタをそれぞれ用意し、コネクション設定時または通信中の帯域変更時に帯域パラメタに応じてレジスタに値を設定する。

【0029】図2は本実施例のセル送出制御の例を経時的に示した図である。本実施例はセル送出装置のセル処理速度MCRを150Mbps、申告されたピークセル速度PCRを100Mbps、申告された平均セル速度SCRを30Mbps、PCRの速度での最大連続送出セル数MBSを11として説明する。

【0030】本実施例では、コネクションで共通の固定値を次のように設定する。

インクリメント値Ip、Is=1

上限値Up、Us=0

また、デクリメント値DpとDs、下限値Lp、Lsに対してはコネクション毎にレジスタを用意し、帯域パラメタに基づき以下のように各レジスタの設定値を決定する。

【0031】PCR制御用のレジスタについては、上記の式(1)の

$Dp : Ip = PCR : MCR = 100Mbps : 150Mbps$

という関係から、

デクリメント値 $Dp = 2/3$

下限値 $Lp = -2/3$

を求め、

カウンタ値Cpの初期値=下限値 $Lp = -2/3$

とする。

【0032】SCR制御用のレジスタについては、上記の式(2)の

$Ds : Is = SCR : MCR = 30Mbps : 150Mbps$

という関係から、

デクリメント値 $Ds = 0.2$

を求め、更に上記の式(3)を用いて

下限値 $Ls = Us - (Is \times (MBS - 1) - Ds \times (MBS - 1) \times (Ip/Dp) + Ds) = 0 - (10 - 3 + 0.2) = -7.2$

を求め、

カウンタ値Csの初期値=下限値 $Ls = -7.2$

とする。

【0033】図2には、セル速度と平均セル速度がゼロの初期状態からバッファ1内のセルを連続的に送出したときのセル送出制御の例が示されている。図2の時間軸上の時刻0では、PCR制御に関してカウンタ値Cp($= -2/3$) < 上限値Up($= 0$)、SCR制御に関してカウンタ値Cs($= -7.2$) < 上限値Us($= 0$)なので、1番目のセルがバッファ1から読み出されて送出され、カウンタ値Cpはインクリメント値Ip($= 1$)だけアップされて $1/3$ となり、カウンタ値Csはインクリメント値Is($= 1$)だけアップされて-

6.2となる。

【0034】次の時刻1に、カウンタ値Cpはデクリメント値Dp($= 2/3$)だけダウンされて $-1/3$ となり、カウンタ値Csはデクリメント値Ds($= -0.2$)だけダウンされて -6.4 となる。カウンタ値Cp、Csがどちらも上限値より小さいので2番目のセルが送出され、カウンタ値はそれぞれCp $= 2/3$ 、Cs $= -5.4$ にアップされる。

【0035】次の時刻2に、カウンタ値はそれぞれCp $= 0$ 、Cs $= -5.6$ にダウンされ、PCR制御に関してはカウンタ値Cp \geq 上限値Upとなるので、バッファ1にセルがあっても送出されない。次の時刻3に、カウンタ値はそれぞれCp $= -2/3$ 、Cs $= -5.8$ にダウンされ、カウンタ値Cp、Csがどちらも上限値より小さいので3番目のセルが送出され、カウンタ値はそれぞれCp $= 1/3$ 、Cs $= -4.8$ にダウンされる。

【0036】以降、バッファ1にセルが存在している間は、3セル処理時間毎に2セルを送出するパターンが繰り返される。そして、1番目のセルが送出されてから15セル処理時間後の時刻15に11個目のセルが送出されて、カウンタ値はそれぞれCp $= 1/3$ 、Cs $= 0.8$ となる。

【0037】次の時刻16に、カウンタ値はそれぞれCp $= -1/3$ 、Cs $= 0.6$ にダウンされ、SCR制御に関してはカウンタ値Cs \geq 上限値Usとなるので、バッファ1にセルがあっても送出されない。したがって、12番目のセルが送出可能になるのはカウンタ値Csが上限値Us($= 0$)を下回る時間、すなわち時刻20となる。

【0038】時刻20に12番目のセルが送出されてバッファ1にセルがなくなったとすれば、カウンタ値Csは上限値Usを下回ってもダウンされ続け、時刻60には下限値Ls($= -7.2$)に戻る。

【0039】このような制御の結果、セルがバースト的に送出されるときでも、セルの送出を1.5セル処理時間に1セルの割合に制限できるので、セル送出装置のセル処理速度150Mbpsに対してピーク時のセル速度を100Mbpsに制限できる。また、カウンタ値Csが初期値からアップして再び初期値に戻るまでの期間内では、セルの送出を5セル処理時間に1セルの割合に制限できるので、その期間の平均セル速度をセル送出装置のセル処理速度の $1/5$ である30Mbpsに制限できる。

【0040】図3は本発明の他の実施例におけるセル送出制御の例を経時的に示した図である。本実施例のセル流量制御装置の構成は図1に示したものと同じである。また本実施例でも、図2の実施例と同じく、セル送出装置のセル処理速度MCRを150Mbps、申告されたピークセル速度PCRを100Mbps、申告された平均セル速度SCRを30Mbps、PCRの速度での最

大連続送出セル数MBSを11とする。

【0041】図2の実施例の帯域制御部4は、セル送出装置のセル処理時間毎の各時刻にカウンタ値と上限値を比較することでセル送出の可否を判定し、その時刻にセル送出可能でかつバッファ1にセルが存在するときにセルを送出したが、本実施例の帯域制御部4は、書込制御部2にセルが到着した時、カウンタ値と上限値の差分に基づき、PCR制御とSCR制御の条件をともに満たす到着セルの送出予定時刻をあらかじめ算出し、その時刻になった時に当該セルを送出する。そのため帯域制御部4は、バッファ1内のセルとその送出予定時刻との対応を記憶する機構を備える。

【0042】本実施例では、コネクションで共通の固定値を次のように設定する。

デクリメント値Dp、Ds=1

上限値Up、Us=0

また、インクリメント値IpとIs、下限値Lp、Lsに対してはコネクション毎にレジスタを用意し、帯域パラメタに基づき以下のように各レジスタの設定値を決定する。

【0043】PCR制御用のレジスタについては、上記の式(1)の

$Dp : Ip = PCR : MCR = 100Mbps : 150Mbps$

という関係から、

インクリメント値Ip=1.5

下限値Lp=-1

を求め、

カウンタ値Cpの初期値=下限値Lp=-1

とする。

【0044】SCR制御用のレジスタについては、上記の式(2)の

$Ds : Is = SCR : MCR = 30Mbps : 150Mbps$

という関係から、

インクリメント値Is=5

を求め、更に上記の式(3)を用いて

下限値Ls=Us-(Is×(MBS-1)-Ds×(MBS-1)×(Ip/Dp)+Ds)=0-(50-15+1)=-36

を求め、

カウンタ値Csの初期値=下限値Ls=-36

とする。

【0045】図3には、セル速度と平均セル速度がゼロの初期状態から1セル処理時間毎に連続して12セルが到着したときのセル送出制御の例が示されている。時刻0に1番目のセルが到着したとき、PCR制御に関してカウンタ値Cp(=-1)<上限値Up(=0)、SCR制御に関してカウンタ値Cs(=-36)<上限値Us(=0)なので、1番目のセルは直ちにバッファ1か

ら読み出されて送出され、カウンタ値Cpはインクリメント値Ip(=1.5)だけアップされて0.5となり、カウンタ値Csはインクリメント値Is(=5)だけアップされて-31となる。

【0046】次の時刻1に2番目のセルが到着すると、カウンタ値Cpはデクリメント値Dp(=1)だけダウンされて-0.5となり、カウンタ値Csはデクリメント値Ds(=1)だけダウンされて-32となる。このとき、カウンタ値Cp、Csはどちらも上限値より小さいので、2番目のセルも直ちに送出され、カウンタ値はそれぞれCp=1、Cs=-27にアップされる。

【0047】次の時刻2に3番目のセルが到着すると、カウンタ値はそれぞれCp=0、Cs=-28にダウンされ、PCR制御に関してカウンタ値Cp≥上限値Upとなるので、次にセル送出が可能なるまでの時間、すなわちカウンタ値Cpが上限値Upを下回るまで時間が次のように計算される。

$(Cp - Up) / Dp + 1$

ただし、UpとDpはそれぞれ0と1に固定されているので実際には次の計算で十分である。

$Cp + 1 \dots (4)$

この式から、時刻2の1セル処理時間後に3番目のセルが送出可能と判定されるので、3番目のセルの送出時刻=時刻3が記憶される。カウンタ値はそれぞれCp=1.5、Cs=-23にアップされる。

【0048】時刻3に4番目のセルが到着するとともに、3番目のセルが送出されてカウンタ値はそれぞれCp=0.5、Cs=-24にダウンされる。PCR制御に関してカウンタ値Cp≥上限値Upとなるので、次にセル送出が可能なるまでの時間を上記の式(4)で求める。それにより、時刻3の1セル処理時間後に4番目のセルが送出可能と判定され、4番目のセルの送出時刻=時刻4が記憶される。カウンタ値はそれぞれCp=2、Cs=-19にアップされる。

【0049】時刻4に5番目のセルが到着するとともに、4番目のセルが送出されてカウンタ値はそれぞれCp=1、Cs=-20にダウンされる。PCR制御に関してカウンタ値Cp≥上限値Upとなるので、次にセル送出が可能なるまでの時間を上記の式(4)で求める。それにより、時刻4の2セル処理時間後に5番目のセルが送出可能と判定され、5番目のセルの送出時刻=時刻6が記憶される。カウンタ値はそれぞれCp=2.5、Cs=-14にアップされる。

【0050】以降、6番目のセルは到着時より2セル処理時間後(=時刻7)、7、8番目のセルは3セル処理時間後(=時刻9、10)、9、10番目のセルは4セル処理時間後(=時刻12、13)、11番目のセルは5セル処理時間後(=時刻15)に送出されるように送出時刻が制御される。

【0051】時刻11に12番目のセルが到着すると、

カウンタ値はそれぞれ $C_p = 4$ 、 $C_s = 8$ となり、PCR制御に関してカウンタ値 $C_p \geq$ 上限値 U_p 、SCR制御に関してカウンタ値 $C_s \geq$ 上限値 U_s となるので、上記の式(4)を用いて次にセル送出が可能な時間を求めると、PCR制御に関しては5セル処理時間後、SCR制御に関しては9セル処理時間後となる。このうちの遅い方の時間をとり、時刻11の9セル処理時間後に12番目のセルが送出可能と判定され、12番目のセルの送出時刻=時刻20が記憶される。カウンタ値はそれぞれ $C_p = 6$ 、 $C_s = 13$ にアップされる。その後セルが到着しなかったとすれば、1番目のセル到着から60セル処理時間後の時刻60にSCR制御用カウンタ値 C_s が初期値(=36)に戻る。

【0052】このような制御の結果、図2の実施例と同様、短時間的にはセル速度を100Mbps以下に制限でき、長時間的には平均セル速度を30Mbps以下に制限できる。

$$\begin{aligned} I_p : D_p &= PCR : MCR \quad \dots (1)' \\ I_s : D_s &= SCR : MCR \quad \dots (2)' \\ U_s - L_s &= D_s \times (MBS - 1) - I_s \times (MBS - 1) \\ &\quad \times (D_p / I_p) + I_s \quad \dots (3)' \end{aligned}$$

また、 $U_p - L_p = I_p$ とし、カウンタ値 C_p 、 C_s の初期値をそれぞれ上限値 U_p 、 U_s とする。

【0055】本実施例では、コネクションで共通の固定値を次のように設定する。

上限値 U_p 、 $U_s = 1$

下限値 L_p 、 $L_s = 0$

また、インクリメント値 I_p と I_s 、デクリメント値 D_p 、 D_s に対してはコネクション毎にレジスタを用意し、帯域パラメタに基づき以下のように各レジスタの設定値を決定する。

【0056】PCR制御用のレジスタについては、上記の式(1)'の

$$I_p : D_p = SCR : MCR = 100Mbps : 150Mbps$$

という関係から、

$$\text{インクリメント値 } I_p = 1$$

$$\text{デクリメント値 } D_p = 1.5$$

を求める。また、

$$\text{カウンタ値 } C_p \text{ の初期値} = \text{上限値 } U_p = 1$$

とする。

【0057】SCR制御用のレジスタについては、上記の式(2)'の

$$I_s : D_s = SCR : MCR = 30Mbps : 150Mbps$$

という関係から、

$$\text{インクリメント値 } I_s = 1/36$$

を求め、更に上記の式(3)'を用いて

$$\text{デクリメント値 } D_s = 5/36$$

を求める。また、

*【0053】図4は本発明のまた他の実施例におけるセル送出制御の例を経時的に示した図である。本実施例のセル流量制御装置の構成は図1に示したものと同一である。また本実施例でも、図2、図3の実施例と同じく、セル送出装置のセル処理速度MCRを150Mbps、申告されたピークセル速度PCRを100Mbps、申告された平均セル速度SCRを30Mbps、PCRの速度での最大連続送出セル数MBSを11とする。

【0054】本実施例の場合では、図2、図3の実施例の場合とは逆に、カウンタ値 C_p 、 C_s の初期値をそれぞれ上限値 U_p 、 U_s とし、セル処理時間毎にカウンタ値 C_p 、 C_s をそれぞれインクリメント値 I_p 、 I_s でアップし、セル送出毎にカウンタ値 C_p 、 C_s をそれぞれデクリメント値 D_p 、 D_s でダウンする方法をとる。そのため、レジスタの設定値を決めるときに、上記の式(1)～(3)のインクリメント値とデクリメント値の関係を逆にした次の式を使用する。

カウンタ値 C_s の初期値=上限値 $U_s = 1$ とする。

【0058】また本実施例では、図3の実施例と同様、書込制御部2にセルが到着した時、到着セルの送出時刻をあらかじめ算出し、その時刻になったらバッファ1から当該セルを読み出して送出する。ただし、図3の実施例では、セル到着時でのカウンタ値と上限値の差分から到着セルの送出時刻を算出したが、本実施例では、前回到着したセルの送出時刻とそのセルの送出時点でのカウンタ値を用いて、その次に到着したセルの送出時刻を算出する。そのため帯域制御部4は、直前に到着したセルが送出された時刻もしくは送出される予定時刻と、そのセルの送出時点でのカウンタ値 C_p 、 C_s がとる値をコネクション毎に記憶する機構を備え、記憶した値に基づきその次に到着するセルの送出時刻を求める。

【0059】例えば、図5に示すように、時刻 t_{n-1} にセル $n-1$ が到着し、その後の時刻 t_n にセル n が到着したとする。時刻 t_n にセル n が到着した時、帯域制御部4はセル $n-1$ の送出時刻 t_{n-1}' と送出時点でのカウンタ値 $C_{p,n-1}$ と $C_{s,n-1}$ をすでに記憶しているの

で、その値に基づき、セル n の送出時刻 t_n と送出時点でのカウンタ値 $C_{p,n}$ 、 $C_{s,n}$ を以下のように求める。

【0060】(a) PCR制御に関する送出時刻 t_n' の算出

セル $n-1$ の送出時点でのカウンタ値 $C_{p,n-1}$ と下限値 L_p を比較する。そして、 $C_{p,n-1} > L_p$ であれば、セル n は到着時点ですでに送出可能なので、

セル n の送出時刻 $t_n =$ セル n の到着時刻 t_n

となる。また、 $C_{p,n-1} \leq L_p$ であれば、時刻 t_{n-1}'

以降のカウンタ値 C_p が下限値 L_p を上回る時点でセル n が送出可能となる。したがって、カウンタ値 C_p が $C_{p_{n-1}}$ から I_p ずつ増加していき下限値 L_p を上回るまでのセル処理時間 T_p を

$$T_p = (L_p - C_{p_{n-1}}) / I_p + 1$$

と算出（ただし小数点以下は切り捨て）することにより、

$$\text{セル } n \text{ の送出時刻 } t_n' = t_{n-1}' + T_p$$

が求められる。

【0061】(b) SCR 制御に関する送出時刻 t_n' の算出

セル $n-1$ の送出時点でのカウンタ値 $C_{s_{n-1}}$ と下限値 L_s を比較する。そして、 $C_{s_{n-1}} > L_s$ であれば、セル n は到着時点ですでに送出可能なので、

$$\text{セル } n \text{ の送出時刻 } t_n' = \text{セル } n \text{ の到着時刻 } t_n$$

となる。また、 $C_{s_{n-1}} \leq L_s$ であれば、時刻 t_{n-1}' 以降のカウンタ値 C_s が下限値 L_s を上回る時点でセル n が送出可能となる。したがって、カウンタ値 C_s が $C_{s_{n-1}}$ から I_s ずつ増加していき下限値 L_s を上回るまでのセル処理時間 T_s を

$$T_s = (L_s - C_{s_{n-1}}) / I_s + 1$$

と算出（ただし小数点以下は切り捨て）することにより、

$$t_n' = t_{n-1}' + T_s$$

が求められる。

【0062】上記 (a) と (b) でそれぞれ求めた時刻 t_n' のうち遅い方の時刻をセル n の送出時刻 t_n' とする。また、上記の T_p と T_s のうちの大きい方の値を T とし、セル n の送出時点でのカウンタ値を算出するために使用する。

【0063】(c) セル n の送出時点でのカウンタ値の算出

セル n の送出時刻 $t_n' = \text{到着時刻 } t_n$ の場合、直ちにセル n が送出されるので、送出直後のカウンタ値を C_{p_n} 、 C_{s_n} として記憶する。また、セル n の送出時刻 $t_n' > \text{到着時刻 } t_n$ の場合、セル n はまだ送出されないもので、送出直後のカウンタ値 C_{p_n} 、 C_{s_n} を次のように算出する。

【0064】PCR 制御に関しては、まずセル n の送出直前のカウンタ値 C_{p_n}' を

$$C_{p_n}' = C_{p_{n-1}} + (I_p \times T)$$

と計算する。ただし、 $C_{p_n}' > \text{上限値 } U_p$ となったときは $C_{p_n}' = U_p$ とする。セル n の送出直後のカウンタ値 C_{p_n} は

$$C_{p_n} = C_{p_n}' - D_p$$

となる。また、SCR 制御に関しては、まずセル n の送出直前のカウンタ値 C_{s_n}' を

$$C_{s_n}' = C_{s_{n-1}} + (I_s \times T)$$

と計算する。ただし、 $C_{s_n}' > \text{上限値 } U_s$ となったときは $C_{s_n}' = U_s$ とする。そして、セル n の送出直後

のカウンタ値 C_{s_n} は

$$C_{s_n} = C_{s_n}' - D_s$$

となる。

【0065】帯域制御部 4 は、上記 (a) ~ (c) で算出したセル n の送出時刻 t_n' とその送出時点でのカウンタ値 C_{p_n} 、 C_{s_n} を記憶し、その後の時刻 t_{n+1} に到着するセル $n+1$ の送出時刻 t_{n+1}' とその送出時点でのカウンタ値 $C_{p_{n+1}}$ 、 $C_{s_{n+1}}$ を算出するために使用する。

【0066】また本実施例では、コネクション毎にセルの送出時刻をあらかじめ求めるので、上述の方法でセルの送出時刻を決定しても、その時刻がすでに他のコネクションのセルに割り当てられている場合がありうる。その場合、例えば、その時刻以降の、他のコネクションのセルに割り当てられていない送出可能時刻を検索し、そのうちで最も早い時刻を送出時刻とすればよい。

【0067】図 4 には、あるコネクションに関して、セル速度と平均セル速度がゼロの初期状態から 1 セル処理時間間隔で連続して 12 セルが到着したときのセル送出制御の例が示されている。ただし、1 番目のセル以前に到着したセルは、1 番目のセルの到着前にすでに送出されているものとする。初期状態には、前回のセル送出直後のカウンタ値としてそれぞれ $C_{p0} = 1$ 、 $C_{s0} = 1$ が記憶されている。

【0068】時刻 0 に 1 番目のセルが到着したとき、PCR 制御に関して $C_{p0} > \text{下限値 } L_p (=0)$ 、SCR 制御に関して $C_{s0} > \text{下限値 } L_s (=0)$ なので、1 番目のセルは直ちに送出可能と判定され、他のコネクションで送出するセルがなければ 1 番目のセルが送出される。

カウンタ値 C_p はデクリメント値 $I_p (=1.5)$ だけダウンされて -0.5 となり、カウンタ値 C_s はデクリメント値 $I_s (=5/36)$ だけダウンされて $31/36$ となる。1 番目のセルの送出時刻と送出直後のカウンタ値は次のように記憶される。

$$1 \text{ 番目のセルの送出時刻 } t_1' = \text{時刻 } 0$$

$$\text{送出直後のカウンタ値 } C_{p1} = -0.5$$

$$C_{s1} = 31/36$$

【0069】時刻 1 に 2 番目のセルが到着すると、カウンタ値 C_p はインクリメント値 $I_p (=1)$ だけアップされて 0.5 となり、カウンタ値 C_s はインクリメント値 $D_s (=1/36)$ だけアップされて $32/36$ となる。2 番目のセルの送出時刻 t_2' は、前回記憶された値に基づき、上述の (a)、(b) の手順で求める。すなわち、PCR 制御に関しては $C_{p1} < \text{下限値 } L_p$ なので、

$$t_2' = t_1' + (L_p - C_{p1}) / I_p + 1$$

$$= 0 + (0 - (-0.5)) / 1 + 1 = 1$$

となり、また、SCR 制御に関しては $C_{s1} > \text{下限値 } L_p$ なので、

$$t_2' = 1$$

15

となる。これにより2番目のセルは時刻1に送出可能と判定されたので、直ちに送出されてカウンタ値はそれぞれ $C_p = -1$ 、 $C_s = 27/36$ にダウンされる。 *

$$\begin{aligned} C_{p2} &= C_{p1} + (I_p \times T) - D_p \\ &= -0.5 + (1 \times 1) - 1.5 = -1 \\ C_{s2} &= C_{s1} + (I_s \times T) - D_s \\ &= (31/36) + ((1/36) \times 1) - (5/36) \\ &= 27/36 \end{aligned}$$

と求められ、2番目のセルの送出時刻と送出直後のカウンタ値が次のように記憶される。

2番目のセルの送出時刻 $t_{2'} = \text{時刻1}$

送出直後のカウンタ値 $C_{p2} = -1$

$C_{s2} = 27/36$

以下のステップでも (a) ~ (c) の手順でセルの送出時刻と送出直後のカウンタ値が同様に算出されるので、計算の詳細な過程は省略する。

【0071】時刻2に3番目のセルが到着すると、カウンタ値はそれぞれ $C_p = 0$ 、 $C_s = 28/36$ にアップされる。PCR制御に関しては $C_{p2} < \text{下限値 } L_p$ なので、前回の送出時刻の2セル処理時間後、すなわち時刻3に3番目のセルが送出可能と判定され、また、SCR制御に関しては $C_{s2} > \text{下限値 } L_p$ なので、3番目のセルは直ちに送出可能と判定され、したがって3番目のセルの送出時刻 $t_{3'}$ は時刻3となる。さらに3番目のセルの送出直後のカウンタ値が算出され、次のように記憶される。

3番目のセルの送出時刻 $t_{3'} = \text{時刻3}$

送出直後のカウンタ値 $C_{p3} = -0.5$

$C_{s3} = 24/36$

【0072】時刻3に4番目のセルが到着すると、カウンタ値はそれぞれ $C_p = 1$ 、 $C_s = 29/36$ にアップされるが、3番目のセルが送出されるので、カウンタ値はそれぞれ $C_p = -0.5$ 、 $C_s = 24/36$ にダウンされる。PCR制御に関しては $C_{p3} < \text{下限値 } L_p$ なので、前回の送出時刻 (=時刻3) の1セル処理時間後 (=時刻4) に4番目のセルが送出可能と判定される。さらに4番目のセルの送出直後のカウンタ値が算出され、次のように記憶される。

4番目のセルの送出時刻 $t_{4'} = \text{時刻4}$

送出直後のカウンタ値 $C_{p4} = -1$

$C_{s4} = 20/36$

【0073】時刻4に5番目のセルが到着すると、カウンタ値はそれぞれ $C_p = 0.5$ 、 $C_s = 25/36$ にアップされるが、4番目のセルが送出されるので、カウンタ値はそれぞれ $C_p = -1$ 、 $C_s = 20/36$ にダウンされる。PCR制御に関しては $C_{p4} < \text{下限値 } L_p$ なので、前回の送出時刻 (=時刻4) の2セル処理時間後 (=時刻6) に5番目のセルが送出可能と判定される。さらに5番目のセルの送出直後のカウンタ値が算出され、次のように記憶される。5番目のセルの送出時刻 $t_{5'}$

16

*【0070】さらに上述の(c)の手順で、2番目のセルの送出直後のカウンタ値が

$5' = \text{時刻6}$

10 送出直後のカウンタ値 $C_{p5} = -0.5$

$C_{s5} = 17/36$

【0074】時刻5に6番目のセルが到着すると、カウンタ値はそれぞれ $C_p = 0$ 、 $C_s = 21/36$ にアップされる。PCR制御に関して $C_{p5} < \text{下限値 } L_p$ なので、前回の送出時刻 (=時刻6) の1セル処理時間後 (=時刻7) に6番目のセルが送出可能と判定される。ここで、もし時刻7が他のコネクションのセルに割り当てられていたとすると、時刻8以降の空いている時刻が検索され、最も早い時刻8が空いていれば、時刻8が6番目のセルの送出時刻になる。さらに6番目のセルの送出直後のカウンタ値が算出され、次のように記憶される。

6番目のセルの送出時刻 $t_{6'} = \text{時刻8}$

送出直後のカウンタ値 $C_{p6} = -0.5$

$C_{s6} = 14/36$

【0075】以降、7番目のセルは時刻9に、8番目のセルは時刻11に、9番目のセルは時刻12に、10番目のセルは時刻14に、11番目のセルは時刻15に送出されるようにスケジューリングされる。

30 【0076】12番目のセル到着時(時刻11)には、8番目のセルがバッファ1から読み出されて送出され、カウンタ値はそれぞれ $C_p = -0.5$ 、 $C_s = 11/36$ となる。このとき、

11番目のセルの送出時刻 $t_{11'} = \text{時刻15}$

送出直後のカウンタ値 $C_{p11} = -1$

$C_{s11} = -4/36$

が記憶されている。これらの値に基づき、PCR制御に関して $C_{p11} < \text{下限値 } L_p$ なので、前回の送出時刻

(=時刻15)の2セル処理時間後 (=時刻17)に6

40 番目のセルが送出可能と判定され、また、SCR制御に関して $C_{s11} < \text{下限値 } L_p$ なので、前回の送出時刻の5セル処理時間後 (=時刻20)に12番目のセルが送出可能と判定される。したがってSCR制御に従って、12番目のセルの送出時刻は時刻20となる。さらに12番目のセルの送出直後のカウンタ値が算出され、次のように記憶される。

12番目のセルの送出時刻 $t_{12'} = \text{時刻15}$

送出直後のカウンタ値 $C_{p12} = -0.5$

$C_{s12} = -4/36$

50 【0077】その後セルが到着しないとすると、1番

目のセルが到着してから60セル処理時間後の時刻60にSCR制御用のカウンタ値 C_s が初期値(=1)に戻ることになる。

【0078】このような制御の結果、図2、図3の実施例と同様、短時間的にはセル速度を100Mbps以下に制限でき、長時間的には平均セル速度を30Mbps以下に制限できる。

【0079】また、本実施例の帯域制御部4は、前回到着したセルの送出時刻と送出時点でのカウンタ値に基づいて今回の到着セルの送出時刻を算出する構成としたが、その変形形態として、次回に到着するセルを送出可能な時刻と送出時点でのカウンタ値をあらかじめ算出しておく構成とすることができる。つまり、前者(本実施例)の構成では、セル到着時にその到着セルの送出時刻を算出するのに対して、後者(変形形態)の構成では、セル到着時以前にその到着セルの送出時刻は算出されている。

【0080】本発明は、組合せにより各種の変形形態で実現可能であり、以上に示した実施例に限られるものではない。また実施例では、ITU-T(国際電気通信連合電気通信標準化部門)およびATM-Forum(ATMフォーラム)により参照されているGCRA(Generic Cell Rate Algorithm)に準拠するために、カウンタを用いてセル送出制御を行うカウンタアルゴリズムを使用した。が、本発明は既存の他の方法を用いても実現可能である。

【0081】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、端末から網への送出側、あるいは網から他の網への送出側において、PCR制御とSCR制御の両方の条件を満たす最も効率的なセル送出制御が可能となるので、送出先の網の入り口でのUPC/NPC機能により不適合と判定されることにより生じるセル廃棄を防ぐことができる。また、PCR制御とSCR制御が統合されるのでセルを蓄えるバッファを別々に設ける必要がなくなり、ハードウェア量を削減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】セル流量制御装置の構成例を示す図である。

【図2】本発明の実施例のセル送出制御の例を経時的に示した図である。

【図3】本発明の他の実施例のセル送出制御の例を経時的に示した図である。

【図4】本発明のまた他の実施例のセル送出制御の例を経時的に示した図である。

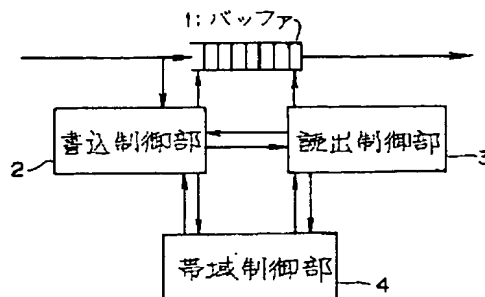
【図5】図4の実施例におけるセル送出時刻と送出時点でのカウンタ値の算出手順を説明するための図である。

【符号の説明】

- 1 バッファ
- 2 書込制御部
- 3 読出制御部
- 4 帯域制御部

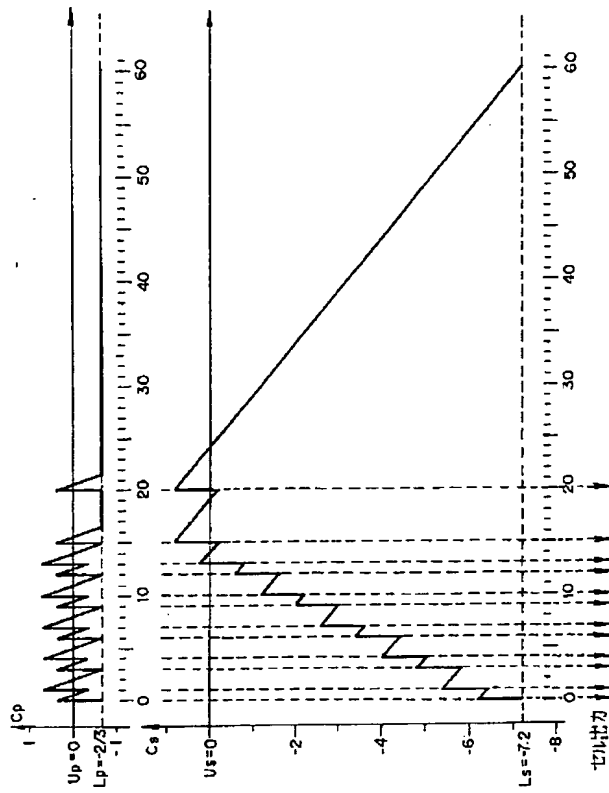
【図1】

セル流量制御装置の構成例



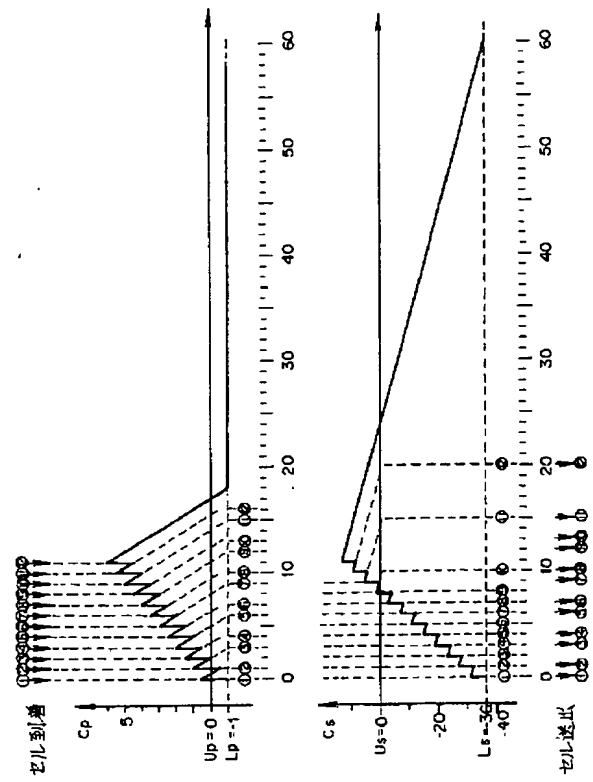
【図2】

本発明の実施例のセル送出制御



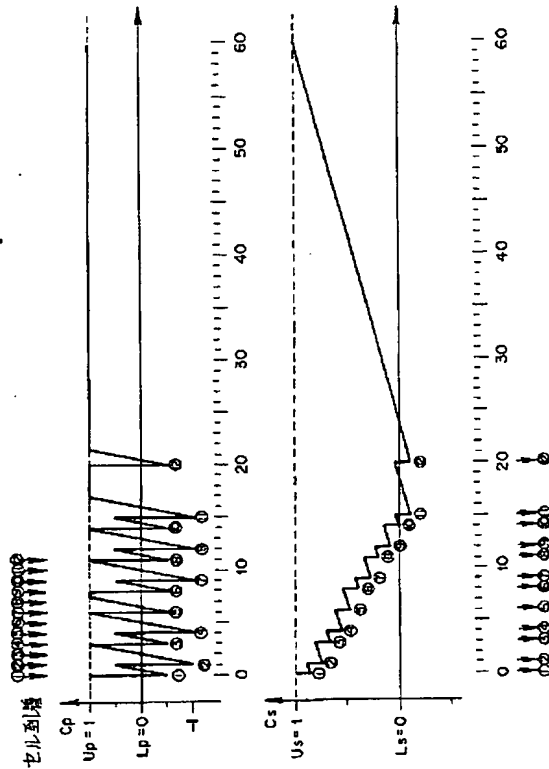
【図3】

本発明の他の実施例のセル送出制御



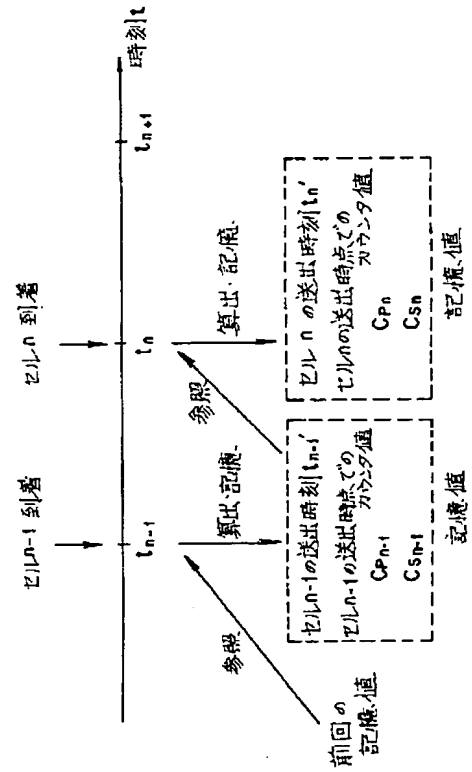
【図4】

本発明のまた他の実施例のセル送出制御



【図5】

セル送出時刻と送出時点でのカウンタ値の算出手順



フロントページの続き

- (72) 発明者 宗宮 利夫
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
- (72) 発明者 渡邊 美和子
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

- (72) 発明者 西 哲也
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
- (72) 発明者 仲道 耕二
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.